

EVALUACIÓN TÉCNICA PARA SISTEMA DE RIEGOS AUTOMATIZADOS EN LA  
CIUDAD DE MEDELLÍN

DANIEL ARCILA OCHOA

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2009

EVALUACIÓN TÉCNICA PARA SISTEMA DE RIEGOS AUTOMATIZADOS EN LA  
CIUDAD DE MEDELLÍN.

DANIEL ARCILA OCHOA

Propuesta de Anteproyecto de Grado

Asesor:

SANTIAGO VILLEGAS

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
ÁREA GESTIÓN DE PROYECTOS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN

2009

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
2. DEFINICIÓN CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA	8
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. OBJETIVOS	10
4.1 OBJETIVO GENERAL	10
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
5. ESTUDIO Y CONCEPCIÓN DEL PROYECTO	11
6. ESTUDIO SECTORIAL	12
6.1 EL MACROENTORNO DIMENSIÓN TECNOLÓGICA	12
6.1.1 Dimensión Tecnológica	12
6.1.2 Riego con aspersores	12
6.1.3 Riego por goteo	15
6.1.4 Depósito del agua	18
6.1.5 Red de tuberías	18
6.1.6 Riego con difusores	19
6.1.7 Riego con manguera	21
6.1.8 Sistema de riego Automático	22
6.1.9 Tipos de Programadores y características	25
6.1.10 Dimensión Económica	27
6.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO ESPECÍFICO	31
7. ESTUDIO TÉCNICO	33
7.1 ALTERNATIVAS ANALIZADAS	33
7.1.1 Necesidades de expansión del sistema de riego futuro	33
7.1.2 Tamaño del equipo de control	34
7.1.3 Cálculo de inversiones	34

7.1.4 Consumo de Agua	37
7.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO	41
8. ESTUDIO FINANCIERO	44
8.1 SUPUESTOS DEL ESTUDIO FINANCIEROZ	44
8.1.1 Evaluación Financiera.	45
8.1.2 Método del Valor Presente Neto (VPN)	45
8.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO FINANCIERO	50
9. CONCLUSIONES	52
10. BIBLIOGRAFÍA	55
10.1 BIBLIOGRAFÍA CLÁSICA	55
11. DATOS PERSONALES	58

## LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Ciclo de Refrigeración	13
Figura 2. Aspersores Pop-up.	20
Figura 3. Descripción de los elementos básicos de un sistema de riego automático	22
Figura 4. Descripción de una válvula solenoide con sus principales componentes.	23
Figura 5. Esquema simplificado de una instalación	25
Figura 6. Programadores de Riego	27
Figura 7. Clima promedio	30
Figura 8. Comportamiento de los gastos generados de la alternativa 1 Vs alternativa 2 con respecto a las áreas.	41

## LISTA DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del riego por Aspersión	14
Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del riego por Goteo.	18
Tabla 3. Características de los difusores.	21
Tabla 4. Sistema Riego Automático vs. Sistema Riego Manual.	25
Tabla 5. Características de Programadores.	26
Tabla 6. Indicadores Macroeconómicos.	28
Tabla 7. Mano de obra.	29
Tabla 8. Tarifas para servicios de acueductos.	31
Tabla 9. Compra de Equipos de control por demanda de Áreas en M2.	34
Tabla 10. Inversiones totales para la alternativa 1.	35
Tabla 11. Inversiones totales para la alternativa 2.	36
Tabla 12. Cifras Proyectadas del costo del Agua.	37
Tabla 13. Proyección del costo de Agua por cada año.	38
Tabla 14.1 Tiempos estimas jardín botánico 2008.	39
Tabla 15. Demanda de agua para el periodo inicial.	40
Tabla 16. Costos de mantenimiento para la alternativa 1.	42
Tabla 17. Costos de Mantenimiento y la mano de obra que el sistema requiere para la alt 2.	43
Tabla 18. Costo anual para alternativa 1.	47
Tabla 19. Costo anual para alternativa 2.	48
Tabla 20. Inversiones Proyectadas para alternativa 1., Inversiones Proyectadas hasta Agotar Demanda.	49
Tabla 21. Inversiones Proyectadas para alternativa 2, Inversiones Proyectadas hasta Agotar Demanda.	49
Tabla 22. Flujo de Caja para sistema de riego automatizado alternativa 1.	50
Tabla 23. Flujo de Caja para sistema de riego automatizado alternativa 2.	51

## INTRODUCCIÓN

El sistema de regadío es concebido como tal en áreas de escasez hídrica, cuando un grupo humano o comunidad organiza la recuperación del agua para su uso agrícola. Para poder hablar de regadío, las tierras deben recibir más agua de la que recibirían de forma natural gracias al ingenio del hombre en el empleo de la técnica y los artefactos hidráulicos.

La gravedad es la fuerza fundamental para el desarrollo del sistema de regadío. Además de los tres factores técnicos va a existir un factor social; a la hora de diseñar los perímetros regados, los constructores tenían que estimar la amplitud del sistema para el buen abastecimiento de la comunidad. (IRRIGACIÓN,2007)

El agua en las superficies permite la creación y expansión de huertas como también de llanos fértiles. Éste tipo de sistema es típico de las zonas próximas a los llanos litorales. A partir de pequeños manantiales y aguas superficiales de ramblas y barrancos intermitentes donde se capta el agua para ser almacenada.

La hidráulica es la encargada de dar soluciones tecnológicas, para aprovechar los recursos hídricos disponibles en el medio. (UPRM @,2008).

## 2. DEFINICIÓN CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA

Existen fincas con un sistema de riego ya establecido y se utiliza un personal para poderlo operar a diferentes horas del día variando el tiempo en los sectores o zonas. El sistema es vital para las fincas, para así poder mantener una humedad uniforme, el trabajo de los operarios causa inestabilidad y altos consumos de agua cada año.

Actualmente las fincas se encuentran con un sistema de riego operado manualmente donde cuenta con un personal para la operación del mismo. El alto consumo de agua es lo que pone a las fincas en sus mayores gastos mensuales.

Las principales desventajas que se tiene en la finca es la ineficiencia del sistema de riego, este problema es muy común en toda la región Antioqueña generando altos consumo de agua e ineficiencia. El riego manual es una inversión baja pero no logra los objetivos esperados ya que es sistema proveniente de la operación manual de un operario.

Estas desventajas han llevado a pensar cómo mejorar los rendimientos para que el proceso sea más óptimo y confiable. Con estos estudios es mostrarle al cliente la manera para que pueda cambiar implementa el riego de una forma diferente.

Se considera que los trabajos son repetitivos ya que simplemente es abrir y cerrar diferentes sectores de riego en toda la finca, dando la posibilidad de poder automatizar esto fácilmente, mostrando financieramente en que momento es rentable tener un sistema autónomo dependiendo directamente del área a regar.



### 3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la creciente demanda de agua que en el mundo, es importante buscar nuevas formas para ayudar al medio ambiente, implementando sistemas de alta tecnología para controlar, en este caso el consumo de agua.

Para los sistemas de riego actuales se puede considerar que son obsoletos por su alto costo de mano de obra e ineficiencia ya que se consideran que son operaciones consecutivas. La posibilidad de actualizar algunos componentes y transformar un sistema manual a uno automatizado puede generar grandes beneficios.

Para el alto consumo de agua que se genera en una finca o cultivo, se generó la necesidad de pensar en unos equipos autónomos que puedan llegar a tomar decisiones para operar en riego de una forma inteligente, esto ayudaría a disminuir los costos de mantenimiento y los de la mano de obra.

Actualmente para una finca promedio, tener un jardín con la cantidad de humedad necesaria es algo tedioso y en algunos casos no se cumplen, ya que se encuentra que los operarios no son capaces de distribuir bien el tiempo de una forma óptima. Un factor muy justificable para hacer una comparación entre los dos sistemas, es poder tener una evaluación financiera entre ellos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar desde el punto de vista técnico, la viabilidad para la actualización de sistemas de riegos existentes en fincas, teniendo como parámetros de análisis el ahorro de agua, mano de obra y la eficiencia.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los sistemas de riegos y sus componentes para poder entender su funcionamiento.
- Analizar los sistemas de control evaluando alternativas de un sistema de riego.
- Presentar las diferentes alternativas con sus variantes tecnológicas para la consecución del proyecto.
- Analizar desde el punto de vista financiero, las diferentes alternativas presentadas anteriormente.

## 5. ESTUDIO Y CONCEPCIÓN DEL PROYECTO

En este proyecto se hace énfasis en la definición del proyecto y sus variables a considerar.

Este proyecto búsqueda dar una solución integral para poder tener un sistema automatizado de tal manera que la mano de obra no se un gasto en unas tareas repetitivas como lo es la apertura y cierre de válvulas de riego.

La solución inteligente al surgimiento de una necesidad humana y esta solución se vaya a ver reflejada en el ahorro del cliente, además ayudar a creciente demanda de agua, con sistemas de alta tecnología para poder controlar el consumo de agua.

Los sistemas de riegos actuales se puede considerar que son obsoletos y la posibilidad de actualizar algunos componentes y transformar un sistema manual a uno automatizado puede generar grandes beneficios.

## 6. ESTUDIO SECTORIAL

### 6.1 EL MACROENTORNO DIMENSIÓN TECNOLÓGICA

#### 6.1.1 Dimensión Tecnológica

Se denomina sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de componentes, los principales se citan a continuación. Sin embargo debe notarse que no necesariamente el sistema de riego debe contener todas ellas.

#### 6.1.2 Riego con aspersores

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

Para conseguir un buen riego por aspersión son necesarios una buena presión de agua por que en la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión o aspersores con el fin de conseguir un riego uniforme.

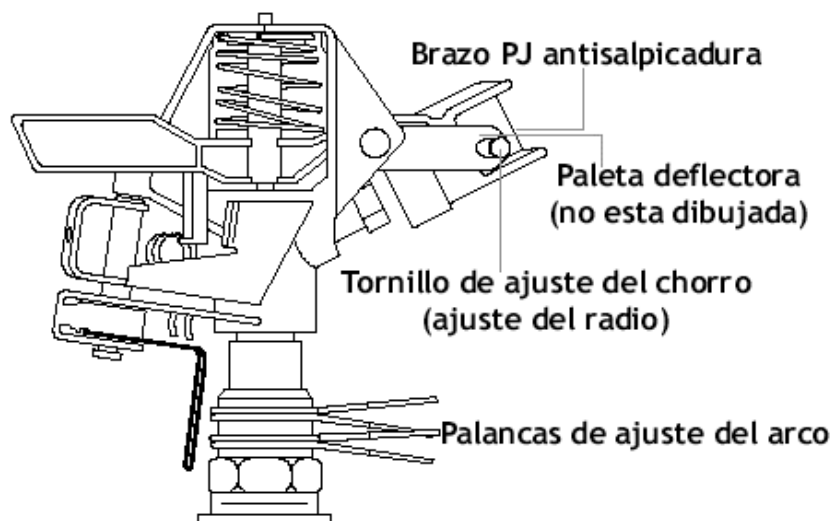
La presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los aspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos.

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

Los aspersores más utilizados en riegos de jardines, son los llamados emergentes, que en situación de no funcionamiento, se esconden bajo el terreno dejando ver solo una pequeña tapa y permitiendo el paso por encima del aspersor de maquinas cortacésped o de personas. Cuando este aspersor entra en funcionamiento y por efecto de la presión del agua "emerge" del suelo y efectúa el riego. También pueden ser utilizados los aspersores de forma aérea o superficial, para riego de taludes o macizos.

Funcionando hidráulicamente como una tobera, lanzan el agua pulverizada a la atmósfera a través de un brazo con una o dos salidas en su extremo a una distancia superior a 5 m. Distribuyen el agua sobre el terreno con un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables o girando 360 grados.

Figura 1. Ciclo de Refrigeración



@NAAN,2009.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del riego por Aspersión

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ahorro en mano de obra. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención.</li> <li>Adaptación al terreno. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.</li> <li>- La eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.</li> <li>Especialmente útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daños a las hojas y a las flores. Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas</li> <li>Requiere una inversión importante. El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.</li> <li>El viento puede afectar. En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.</li> </ul>

Los aspersores son clasificados dependiendo de las áreas a regar

- Gama residencial:

Aplicaciones: Jardines de viviendas unifamiliares, comunidades de propietarios, zonas de tamaño pequeño/mediano.

- Características:
- Alcance de 7 a 12 m.
- Presión de trabajo entre 2,5 y 4 bares.
- Caudal de 750 a 1500 l/h.
- Toma de ½" o ¾"
- Válvula anti drenaje incorporada.
- Filtro incorporado.
- Área 150 M2

- Gama comercial industrial:

Aplicaciones: Comunidades de viviendas, complejos residenciales, parques públicos, complejos deportivos, fabricas, hoteles, zonas de tamaño mediano/grande.

Características:

- Alcance de 12 a 18 m.
- Presión de trabajo entre 3 y 5 bares.
- Caudales de 1.500 a 3.500 l/h
- Toma de  $\frac{3}{4}$ " a 1"
- Válvula anti drenaje incorporada
- Filtro incorporado.
- Con o sin válvula incorporada.
- Gama de gran alcance:

Aplicaciones: Grandes parques públicos, campos de fútbol, rugby, hipódromos, campos de golf, grandes zonas verdes.

Características:

- Alcance de 18 a 30 m.
- Presión de trabajo entre 4,5 y 7 bares
- Caudales de 3.500 a 10.000 l/h.
- Toma de 1" a 1  $\frac{1}{2}$ "
- Con válvula automática incorporada.

### 6.1.3 Riego por goteo

Consiste en aportar el agua de manera localiza justo al pie de cada planta. Se encargan de ello los goteros o emisores.

El Riego por Goteo consigue mantener la humedad necesaria en la zona radicular de cada planta y sólo en esa zona. Por consiguiente no se moja todo el suelo sino parte del mismo y sólo en la parte necesaria para el desarrollo de las raíces. Ese bulbo húmedo variará según las características del suelo, la cantidad de agua y el tiempo que hagamos durar ese constante goteo. Como consecuencia y, al acotar la superficie humedecida, las raíces limitan su expansión a ese espacio y no a otro. Otra característica, consecuencia de esta modalidad de riego, es el mayor aprovechamiento de las tierras ya que al concentrar la humedad en pequeñas bolsas se crean espacios secos que dan la oportunidad a un planteamiento de aprovechamiento del suelo mucho más racional e intensivo.

El equipo de goteo lo componen los siguientes elementos.

- Equipo de filtración

Imprescindible para filtrar las aguas que, bien provengan de estanques al aire libre o de pozos y sobre todo de los ríos, nunca garantizan su limpieza. Es más, si el sistema se fundamenta en el racionamiento del agua y su buena y uniforme distribución a través de unos agujeros en las tuberías o unos dispositivos calibrados para efectuar el gota a gota es elemental que garantice el agua sin impurezas. Los sistemas de filtrado hay muchos y evidentemente todos tratan de conseguir la limpieza del agua de partículas extrañas.

- Equipo de fertilización

Una de las grandes ventajas del riego por goteo radica en la posibilidad de incorporar el abono necesario para el buen cultivo de las plantas. Esta modalidad de abonamiento garantizará el reparto proporcionado del complemento nutritivo así como la puntualidad del momento adecuado para efectuarlo.



- Reguladores

Es fundamental que la instalación deba tener un buen sistema que garantice la presión, el caudal, el tiempo etc. Todo ello lo realizan las válvulas, tensiómetros y reguladores de caudal que son lo que contribuyen con su eficacia al mejor aprovechamiento de la instalación.

- Goteros

Son los elementos cuya misión no es otra que la de aplicar el agua a las plantas a cultivar. Son también de diversas clases y modalidades pero todos ellos han de reunir al final las condiciones de regular el caudal adecuadamente y tener el orificio del tamaño adecuado para que se eviten las obstrucciones que constituyen el principal problema de esta modalidad de riego.

- Tuberías

Evidentemente la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios son, digamos, como la estructura del riego por goteo. El hecho de que hoy exista el PVC y otros derivados del petróleo, han facilitado y ayudado a la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo la dureza y resistencia ante los cambios de temperatura han hecho que el fibrocemento se deje sólo para las redes principales de grandes cultivos.

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del riego por Goteo.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro entre el 40 y el 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego</li> <li>• Reducción muy significativa en mano de obra. No sólo en la vigilancia del riego sino, y sobre todo, por la menor incidencia de las malas hierbas en el cultivo.</li> <li>• Economía importante en productos fitosanitarios y abonos.</li> <li>• Posible utilización de aguas de baja calidad en otras épocas consideradas inservibles para riego</li> <li>• Adaptación a todo tipo de superficies y desniveles en su relieve natural sin inversión en la nivelación y transporte de tierras</li> <li>• Reducción en el lavado del suelo por acumulación de sales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depauperación del suelo. En zonas muy áridas y con poca posibilidad del lavado del suelo el uso durante años de aguas de mala calidad puede depauperar el suelo hasta límites de devastación total.</li> <li>• La obstrucción de los orificios de riego.</li> <li>• Un inconveniente a tener en cuenta es que este riego no protege a las plantas sensibles a heladas en zonas habitualmente frías.</li> <li>• Complejidad de las instalaciones.</li> </ul>

#### 6.1.4 Depósito del agua

Desempeña dos funciones: la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado.

#### 6.1.5 Red de tuberías

En general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores.

Hay distintos tipos de tuberías como por ejemplo: polipropileno, polietileno y PVC.

- El polietileno

Material sumamente fácil de instalar, no se necesita codos o curvas, utiliza conectores y uniones con juntas de compresión para poder unirse a la tubería mediante abrazaderas, lo que produce a corto plazo que se oxiden, ocasionando grandes pérdidas de agua.

- El PVC(policloruro de vinilo)

Es el más utilizado mundialmente en los sistemas de riego, es el material que no presenta envejecimiento con el paso del tiempo. Se une mediante pegamento, lijándose las dos piezas a unir para mejorar la adherencia. Una correcta soldadura se transforma en eterna, siendo una de las principales ventajas con respecto al polietileno. La rugosidad interior es muy escasa lo que contribuye con bajas perdidas de carga. Hay una amplia gama de accesorios como codos, curvas, te, tapas, uniones dobles, etc. Su presentación es en tiras de 6 metros y vienen en tres tipos: 4 kilos o liviano, 6 kilos o Standard y 10 kilos o reforzado.

Los diámetros de las tuberías dependerán del estudio hidráulico del sistema. Este permitirá determinar la correcta velocidad de agua para obtener la presión adecuada en la boca de cada regador a lo largo de toda la línea de riego.

#### 6.1.6 Riego con difusores

Son parecidos a los aspersores pero más pequeños, el agua es expulsada a una distancia de entre 2 y 5 metros, según la presión y la boquilla que utilicemos. El alcance se puede modificar abriendo o cerrando un tornillo que llevan muchos modelos en la cabeza del difusor. Se utilizan para zonas más estrechas. Por tanto, los aspersores para regar superficies mayores de 6 metros y los difusores para superficies pequeñas.

Figura 2. Aspersores Pop-up.



@SISTEMA DE RIEGO,2008.

La característica más importante a destacar es la proporcionalidad entre el sector de riego y el caudal emitido.

La regulación del arco de riego se obtiene cambiando la boquilla. Existe una gran variedad de boquillas que van desde el riego de arco de circunferencia hasta el riego rectangular. A su vez las boquillas pueden ser de sector fijo o de sector regulable. Deben incorporar también un sistema para orientar el sector de riego.

La válvula anti drenaje y el regulador de presión mejoran sensiblemente el rendimiento del difusor y se hacen especialmente interesantes cuando se trata de reducir el consumo de agua en la instalación.

Al contrario que el aspersor, cuyo chorro de agua va girando, el riego del difusor es fijo. Debido a ésto, en una misma unidad de tiempo, el difusor aporta más cantidad de agua por m<sup>2</sup> (intensidad de lluvia) que el aspersor y por tanto, no podrán funcionar aspersores y difusores juntos en el mismo sector.

Tabla 3. Características de los difusores.

CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFUSORES DE TIPO CONVENCIONAL.	
Caudal de consumo para 360° .....	0,82 m <sup>3</sup> / h
Presión de funcionamiento.....	2,00 ATM
Radio de alcance.....	4,00 m
Separación entre emisores.....	4,00 m
Separación entre líneas .....	6,00 m
Tiempos medios de riego .....	7-15 min./día

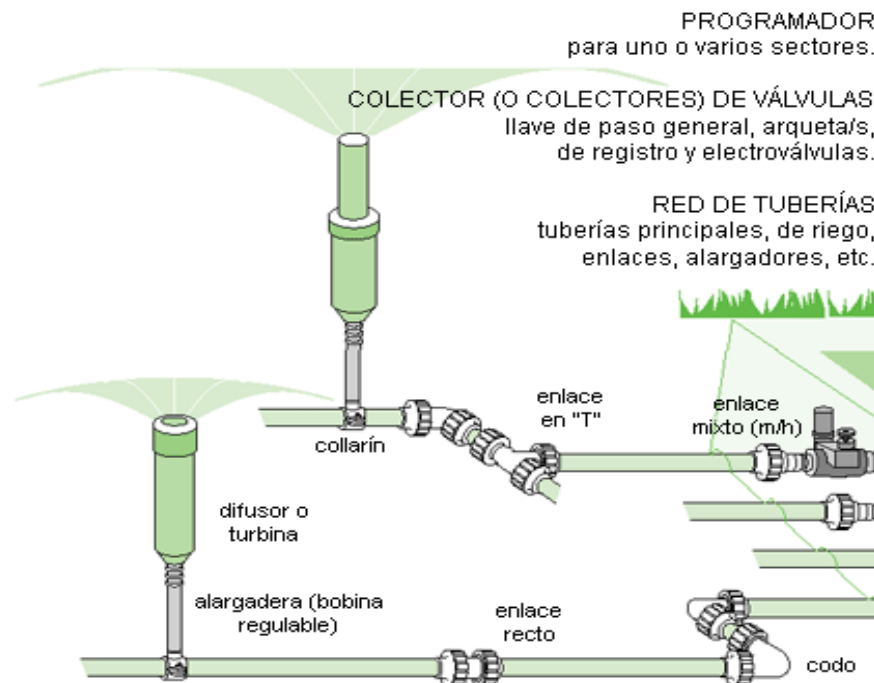
#### 6.1.7 Riego con manguera

El riego con manguera implica tener un operador que le disponga de mucho tiempo. Para el Césped está claro que es el peor sistema. Además no se consigue una buena uniformidad, a unos sitios les cae más agua que a otros.

### 6.1.8 Sistema de riego Automático

Un sistema de riego automático se emplea para mantener un ambiente controlado cuidadosamente con componentes y sensores para lograr cumplir con tareas específicas. Este principio es implementado para lograr un uso eficiente de agua. Los principales sistemas de control automatizado son desarrollados con dispositivos electrónicos de aplicación básica acoplados en ocasiones a componentes o sistemas complejos. (IRRIGACIÓN,2007)

Figura 3. Descripción de los elementos básicos de un sistema de riego automático



@LEROYMERLIN, 2009, 17

Para el proceso de tener un sistema de riego automatizado básica cuenta con 4 componentes principales:

- Válvulas solenoide

Dispositivo encargado de la apertura y cierre del flujo de agua y estas son efectuadas por medio de una función de la corriente eléctrica que les llega desde

un programador. Para un sistema de riego se utilizan válvulas eléctricas del tipo "normalmente cerradas" de forma que cuando el programador da las órdenes de riego, la válvula automática se pone en funcionamiento, abriéndose y dejando pasar el caudal para alimentar los componentes de riego. Una vez acabado el tiempo de riego, la válvula deja de funcionar y se cierra.

Están formadas por un cuerpo normalmente de polietileno inyectado y un interior con dos cámaras, una superior y otra inferior separadas por un diafragma. En su parte superior externa poseen un actuador eléctrico o solenoide. Su principio de funcionamiento es muy sencillo: cuando reciben un pulso eléctrico el actuador o solenoide se contrae y por un orificio deja descargar el agua de la cámara superior, el agua impulsada por la bomba puede entrar a la válvula por abajo, empuja el diafragma hacia arriba y el agua pasa. Cuando el pulso eléctrico deja de llegar se llena de agua la cámara superior y al tener siempre más presión que la inferior el diafragma no puede levantarse y el flujo de agua se corta.

Figura 4. Descripción de una válvula solenoide con sus principales componentes.



@LEROYMERLIN, 2009, 17

- Programador

Son relojes que permiten programar ciclos de riego con varios días de anticipación. Estos relojes accionan sucesivamente varios circuitos o sectores independientes que corresponden a diversas válvulas automáticas. El tiempo de apertura de cada sector es regulable, lo que permite calcular la cantidad de agua transportada a cada zona o sector.

El funcionamiento de los programadores puede ser mecánico, eléctrico o una combinación de ambos, llamados híbridos. Existen programadores de 4, 6, 9, 12 y hasta modulares, es decir, nos permiten la expansión de los sectores de riego.

Un sistema de control de riego automatizado debe usar sensores de retroalimentación para ver, en base real, funciones importantes tales como: cantidad de agua, razón de flujo, presión de agua y condiciones ambientales tales como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad del suelo, radiación solar, lluvia, temperatura del follaje del cultivo. (UPRM @,2008).

La continua vigilancia y el control del funcionamiento del sistema con medidores del flujo, transducciones de presión, válvulas solenoides y reguladores de presión en puntos estratégicos harán posible que la operación de riego alcance su máxima eficiencia. Los datos o control de funciones pueden transmitirse por cables eléctricos, láser o mecanismos de infrarrojo.

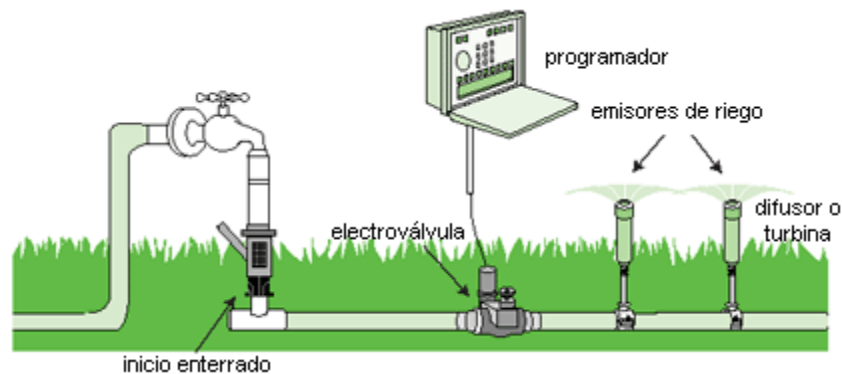
- Dispositivo de medición o sensor

Los sensores determinar la cantidad de agua en la planta o la temperatura del follaje del cultivo, están disponibles y pueden ser usados en el modo de retroalimentación para el manejo del riego.



Sensores de humedad del suelo se usan comúnmente para anular el sistema de controles. Si el suelo en una estación en particular ésta mojado el sensor abre el circuito de la válvula y la estación es desviada.

Figura 5. Esquema simplificado de una instalación



@LEROYMERLIN, 2009, 17

Tabla 4. Sistema Riego Automático vs. Sistema Riego Manual.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No requiere de operario para regar</li> <li>• Menores consumo de agua.</li> <li>• Perfecta distribución de agua</li> <li>• Programación de reparto de agua en diferentes zonas</li> <li>• Se Gana tiempo</li> <li>• La eficiencia es optimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de un operario</li> <li>• Altos consumo de agua</li> </ul>

#### 6.1.9 Tipos de Programadores y características

El componente más importante del sistema de riego automatizado es su programador porque es el que conecta todos los componentes necesarios para que el sistema funcione, además, es donde recibe la información de los sensores

donde determina si se cancela el regado o continua operando. En la Tabla 2 se muestran los principales tipos de programadores.

Tabla 5. Características de Programadores.

PRODUCTOS	SERIE Ec	SERIE- ESP-Modular	SERIE HP
<b>APLICACIONES</b>			
Residenciales	•	•	•
Públicas de pequeñas dimensiones			•
Espacios verdes públicos			•
Grandes espacios verdes		•	•
Campos de deporte		•	•
<b>TIPO DE PROGRAMADOR</b>			
Híbrido			•
Montaje interior	•		•
Montaje exterior		•	•
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
Estaciones	4, 6, 9	4, 7, 10, 13	6, 8, 12
Programas	3	3	2
Arranques por estación en horas (hasta)	4	4	2
Número de arranques por día por programa	4	4	8
Control de aporte de agua			•
Pantalla LCD	•	•	•
<b>CALENDARIOS DE PROGRAMACION</b>			
Capacidad de válvulas por estación	1+1	2+1	2+1
7 Días de la semana			•
Ciclo fijo 2,3 y 5-días			•
Ciclo variable 1-6 días	•	•	
Ciclo variable 1-99 días	•		
Ciclos de días pares/impares	•	•	
Calendario de 365 días		•	
Programa de test	•	•	
Programa por defecto en caso de corte de alimentación	•	•	•
<b>ARMARIOS</b>			
Armario de plástico-Exterior			•
<b>ACCESORIOS</b>			
Pluviómetro RAIN CHECK™			•

@RAINBIRD, 2009.

Figura 6. Programadores de Riego



@APOOGE, 2008

#### 6.1.10 Dimensión Económica

Se presentan los indicadores macroeconómicos que se utilizarán para el cálculo de las proyecciones de costos e inversiones para la construcción del flujo de caja del proyecto. Se cuenta con una proyección para varios años, lo cual es útil para el análisis del proyecto. Esto es útil para los siguientes años del proyecto donde se supondrá que permanecen constantes. Entre los que se encuentran: Precio al consumidor y al productor, la devaluación, tasa de cambio.

Tabla 6. Indicadores Macroeconómicos.

Cifras proyectadas: <input type="checkbox"/>	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Inflación (IPC variación anual)	5,69%	7,49%	5,57%	4,53%	3,84%	3,68%	3,53%
Precios al Productor (IPP variación anual)	1,27%	10,28%	6,79%	4,45%	3,63%	3,52%	3,57%
PIB (variación Anual)	7,52%	3,30%	3,50%	5,00%	4,50%	4,50%	4,50%
Déficit GNC (%PIB)	3,30%	2,80%	3,10%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Déficit cuenta corriente (%PIB)	3,40%	1,40%	2,40%	2,50%	2,50%	2,50%	2,50%
Tasa de desempleo (total nacional)	11,20%	11,50%	12,20%	10,50%	10,00%	10,00%	10,00%
Devaluación (TRM Fin de Año)	-10,01%	11,18%	4,00%	4,00%	-1,50%	1,50%	2,00%
Devaluación (Promedio Anual)	-11,86%	-4,25%	16,00%	3,00%	-1,00%	2,00%	2,50%
Precio del Dólar (S TRM fin de año)	2.014,76	2.240	2.330	2.422,78	2.386,44	2.422,24	2.470,68
Precio del Dólar (S promedio anual)	2.078,35	1.990	2.308	2.377,65	2.353,88	2.400,95	2.460,98
Euro (USD/EUR, fin de año)	1,45	1,26	1,35	1,31	1,25	1,34	1,34
DTF (E.A. fin de año)	8,98%	10,26%	9,10%	8,33%	7,43%	6,93%	6,53%

@CORFINSURA, 2008.

Los equipos se compran en dólares y, por esta razón, para el cálculo en pesos se utilizará la tasa de cambio proyectada.

El mayor porcentaje de las inversiones se negocia en moneda extranjera, normalmente en dólares, es por esto que se le debe prestar especial atención a la devaluación del peso frente al dólar.

El índice de precios al productor determina la variación de los precios de insumos y materias primas compradas en el país. En este caso este índice va a ser

utilizado como componente regulador de la tarifa de Agua, que varían con el IPP según ha determinado la Comisión Reguladora de Energía y Agua.

Tabla 7. Mano de obra.

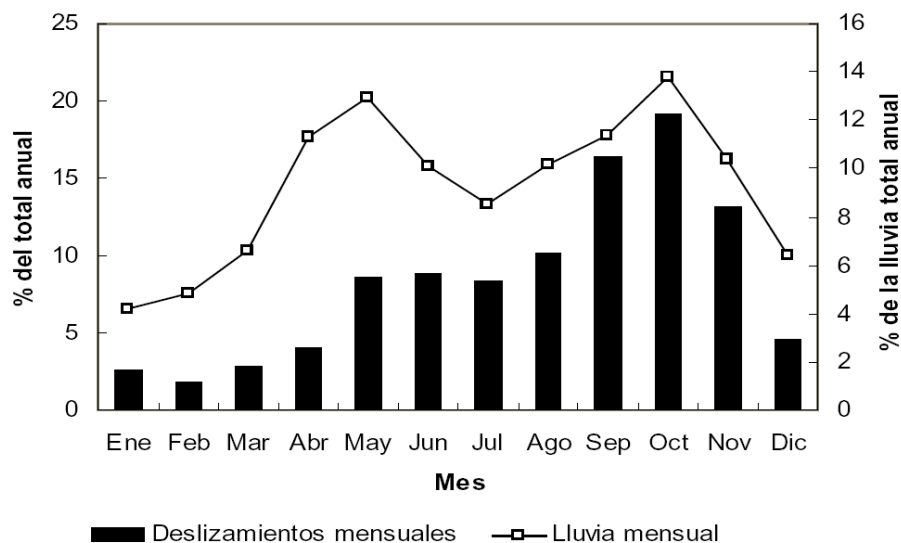
	CONCEPTO	Cantidad	COP\$
	<b>Salario Mínimo Legal</b>	<b>100%</b>	<b>496.900</b>
+	Contribución al sistema general de pensiones	12%*	59.600
+	Contribución al sistema general de seguridad social en salud	8.5%**	42.200
+	Contribución al sistema general de riesgos profesionales***	0.52%	2.600
+	Subsidio de Transporte para el año 2008	-	59.300
+	Subsidio Familiar (Sena, ICBF, Caja de Compensación)	9.0%	44.700
=	<b>Costo Total mensual (Salario más seguridad social)</b>		<b>705.300</b>
x12=	<b>Costo Total anual (Salario más seguridad social)</b>		<b>8.463.600</b>
+	Total Anual Prima de Servicios (1/2 salario cada semestre)	100%	496.900
+	Total Anual Cesantías (1 salario mas intereses de 12% anuales)****		622.944
+	Vacaciones remuneradas (15 días)	50%	248.450
=	<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>9.831.894</b>
/12=	<b>TOTAL MENSUAL</b>		<b>819.324</b>
/30=	<b>TOTAL DIARIO</b>		<b>27.310</b>
/8=	<b>TOTAL HORA</b>		<b>3.413</b>

@CORFINSURA, 2008.

Los Trabajos que se realizan requieren de mano de obra por esta razón, necesitamos los costos que esto genera en el proyecto.

El Indicador de porcentaje de lluvias en la ciudad de Medellín es el 15,25 % esto es importante para tenerlo presente en la evaluación financiera, ya que se suspende el riego en este período y no hay consumo de agua. (@IDEAM, 2009.)

Figura 7. Clima promedio



@IDEAM, 2009.

Indicador del costo del agua ya que es nuestra materia prima para utilizar en el proyecto, se tomó el estrato 3 ya que es un intermedio y además los sistemas de riego se instalan en fincas donde por lo general se pueden encontrar en este estrato. (@EPM,2009)

Tabla 8. Tarifas para servicios de acueductos.

SUBDIRECCIÓN GESTIÓN REGULATORIA AGUAS						
TARIFAS PARA SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y AGUAS RESIDUALES						
Mes de facturación Marzo 2009						
Municipio de Medellín						
SECTOR	ACUEDUCTO			ALCANTARILLADO		
	Cargo Fijo (\$/ Instalación)	Cargo por consumo ( \$ / m <sup>3</sup> )		Cargo Fijo (\$/ Instalación)	Cargo por consumo ( \$ / m <sup>3</sup> )	
		0 -20 m <sup>3</sup>	> 20 m <sup>3</sup>		0 -20 m <sup>3</sup>	> 20 m <sup>3</sup>
<b>Sector Residencial</b>						
<b>Estrato 1</b>	2.397,10	318,15	795,38	1.349,62	658,88	1.647,20
<b>Estrato 2</b>	3.595,65	477,23	795,38	2.024,44	988,32	1.647,20
<b>Estrato 3</b>	5.243,65	695,96	795,38	2.952,30	1.441,30	1.647,20
<b>Estrato 4</b>	5.992,75	795,38	795,38	3.374,06	1.647,20	1.647,20
<b>Estrato 5</b>	8.989,12	1.193,07	1.193,07	5.061,09	2.470,80	2.470,80
<b>Estrato 6</b>	9.588,40	1.272,61	1.272,61	5.398,50	2.635,52	2.635,52
<b>Comercial</b>	8.989,12	1.193,07		5.061,09	2.470,80	
<b>Industrial</b>	7.790,57	1.033,99		4.386,28	2.141,36	
<b>Oficial y Exenta</b>	5.992,75	795,38		3.374,06	1.647,20	

@EPM,2009

Convirtiendo los valores del estrato 3 en galones por minuto corresponde a 145 Gpm, estos datos los se utilizaran en la evaluación financiera

## 6.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO ESPECÍFICO

El estudio del entorno propone identificar las oportunidades y los riesgos que el contexto del proyecto genera para su ejecución oportuna y eficaz. El estudio parte de una caracterización del entorno en que se propone realizar el proyecto, con el fin de explorar factores y dinámicas que están fuera del control del equipo responsable por la formulación y/o ejecución, que pueden afectar el desempeño del proyecto y determinar en última instancia su éxito o fracaso.

Por "entorno" se entiende el ambiente externo al proyecto constituido por fuerzas físicas, económicas, políticas, sociales, culturales y científico-técnicas, frente a las cuales no se puede ejercer influencia significativa. Dentro del entorno, interesan particularmente las instituciones (normas, tradiciones, convenciones que rigen el comportamiento de actores y organizaciones), los factores, que incluyen diferentes organizaciones y grupos de población que pueden estar involucrados en o afectados por el proyecto y las dinámicas que pueden afectar a estos actores e instituciones, generando así fuerzas que puedan facilitar o limitar el buen desarrollo de los procesos de formulación y ejecución del proyecto.

Siendo éste un proyecto de consumo de agua. Un factor que se debe analizar es la cantidad de agua, el cual será explicado en el estudio del mercado.



## 7. ESTUDIO TÉCNICO

### 7.1 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Para el proyecto de automatizar un sistema de riego ya establecido, evaluar y comparar dos alternativas.

- Alternativa 1: Para un el sistema de riego ya establecido se realiza un montaje de control.
- Alternativa 2: Para el sistema de riego actual pero con una operación manual, requiere de mano de obra. (ACTUAL).

En este estudio del proyecto se van a analizar las siguientes variables:

- Necesidades de expansión del sistema de riego futuro.
- Tamaño del equipo de control.
- Cálculo de inversiones.
- Costo y consumo de Agua.
- Costos de mantenimiento.
- Tamaño del proyecto desde el punto de vista de la inversión.

Como consideración importante para el análisis del proyecto, es importante saber que existen representantes locales y hay información disponible en el medio.

#### 7.1.1 Necesidades de expansión del sistema de riego futuro

Según el proyecto la fincas puede disponer de un crecimiento considerable, por esta razón se tiene que calcular en la parte de diseño qué consumo de agua en

Gpm (galones por minuto) podría demandar la finca dependiendo del área de la finca. Este puede influir en la parte de control ya que se tiene que estimar las cantidades de zonas, las zonas son las encargadas de hacer una repartición del agua en cada lugar diferente de la finca teniendo en cuenta que no se puede operar dos zonas al mismo tiempo.

### 7.1.2 Tamaño del equipo de control

Con la siguiente tabla se puede mirar los m<sup>2</sup> que se demandaran a través de los años en una proyección año a año de acuerdo a un crecimiento de la finca. Se hace cada 1000 m<sup>2</sup> ya que normalmente los cultivos crecen poco a poco en esta proporción.

Tabla 9. Compra de Equipos de control por demanda de Áreas en M<sup>2</sup>.

EQUIPOS DE CONTROL DEPENDIENDO DE LA DEMANDA AÑO A AÑO							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014
Requerimientos proyectados Áreas en M <sup>2</sup>	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000

### 7.1.3 Cálculo de inversiones

- Alternativa 1: Para un el sistema de riego ya establecido se realiza un montaje de control automático.

Para esta alternativa los equipos que se tienen que comprar de acuerdo a la demanda de agua dependiendo directamente de las áreas que se requiere.

Tabla 10. Inversiones totales para la alternativa 1.

CAPACIDAD INSTALADA	EQUIPO PARA 7 ZONAS	
ELEMENTO	Cantidad	Valor Total
1.PROGRAMADOR	1	\$ 1.400.000
2. VÁLVULAS SOLENOIDE	1	\$ 350.000
3. EQUIPO DE SENSORES	1	\$ 400.000
4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	1	\$ 130.000
5. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE CONTROL (INCLUYE ACCESORIOS)	1	\$ 200.000
6. OBRAS CIVILES	1	\$ 80.000
TOTAL GENERAL		\$ 2.560.000

El costo unitario de equipos servirá para calcular las inversiones requeridas dependiendo del área a regar con esta área se podrá estimar el consumo en galones por minutos y solo se tendrá que multiplicar por el factor del costo unitario.

- Alternativa 2: Para el sistema de riego actual pero con una operación manual, requiere de mano de obra.

Para cubrir todas las necesidades de riego en un día se requiere de un trabajador, que está pendiente de las zonas que tiene que regar y por una cantidad de tiempo específico. Esta persona tiene como prioridad estar regando pero puede cumplir con otras tareas en la finca.

A continuación se presenta la cantidad de área a regar proyectado atreves de los años. Se hace cada 1000 m<sup>2</sup> ya que normalmente los cultivos crecen poco a poco en esta proporción.

Tabla 9. Demanda de acuerdo al tiempo.

COMPRA DEL EQUIPOS DE CONTROL ACUERDO A LA DEMANDA AÑO A AÑO							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014
Requerimientos proyectados Áreas en M2	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000

Para esta alternativa los equipos que se tienen que comprar de acuerdo a la demanda de agua dependiendo directamente de las áreas que se requieren.

Tabla 11. Inversiones totales para la alternativa 2.

CAPACIDAD INSTALADA	EQUIPO PARA 7 ZONAS	
ELEMENTO	Cantidad	Valor Total
VALVULAS Manual	0	\$ 60.000
TOTAL GENERAL		\$ 60.000

Para esta alternativa el costo unitario de equipos servirá para calcular las inversiones requeridas dependiendo del área a regar con esta área se podrá estimar el consumo en galones por minutos y sólo se tendrá que multiplicar por el factor del costo unitario.

#### 7.1.4 Consumo de Agua

Debido a que el proyecto es un proyecto que depende del consumo de agua, y este precio varia en los años, se debe analizar las proyecciones de las variables con los siguientes factores.

Tabla 12. Cifras Proyectadas del costo del Agua.

Cifras proyectadas:		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inflación IPC		5,7%	7,5%	5,6%	4,5%	3,8%	4,2%	4,7%	4,1%
Costo de agua		8%	9%	8%	7%	6%	6%	7%	6%

@CORFINSURA, 2008.

- Consumo de agua para la Alternativa 1: Compra de equipos de acuerdo a la demanda año a año.

En la siguiente tabla se ve a analizar las cantidades de aspersores que cuenta la finca dependiendo directamente del tamaño de ella, además el tiempo a usar en cada zona. El sistema cuenta con un sistema que puede determinar la cantidad de agua y humedad que hay en el ambiente, para poder cancelar el sistema de regado pero se tendrá en cuenta un período de lluvias ya que esto puede variar los resultados.

Tabla 13. Proyección del costo de Agua por cada año.

<b>GASTOS DE LA ALTERNATIVA 1</b>		<b>2009</b>
<b>AGUA</b>		
Área a Regar	M2	1.000
Área regada por cada aspersor	M2	80
Aspersores instalados	Unidad	12,5
Demanda de cada Aspersores	Gpm	3,5
Demanda de Agua	Gpm	43,75
Capacidad Da Agua en la finca	Gpm	20
zonas instaladas	Unidad	2,1875
Tiempo de operación por zona	Minutos	9
% Error del operario	%	0
Tiempo Utilizado	M	9
Demanda total de Agua	Gpm	43,75
Periodo de llluvias	%	0,15
Consumo	Gpm	709
Costo unitario de Agua	\$/GPM	110
<b>Total Agua</b>	<b>\$ M</b>	<b>78,0</b>

Valores Calculados para el costo de Agua por cada año.

- Agua para la Alternativa 2: Para el sistema de riego actual pero con una operación manual, requiere de mano de obra.

En la siguiente tabla se va a analizar el costo del agua pero con una operación manual, tal operación maneja un margen de error en cada intervalo ya que se considera que es un error humano, como esta tarea es repetitiva en cada operación es bueno considerar este aspecto.

Hay que tener en cuenta que en esta alternativa la persona encargada determina si se activa el sistema de riego en períodos de lluvias o se suspende, esto puede generar un margen de error.

Tabla 14.1 Tiempos estimas jardín botánico 2008.

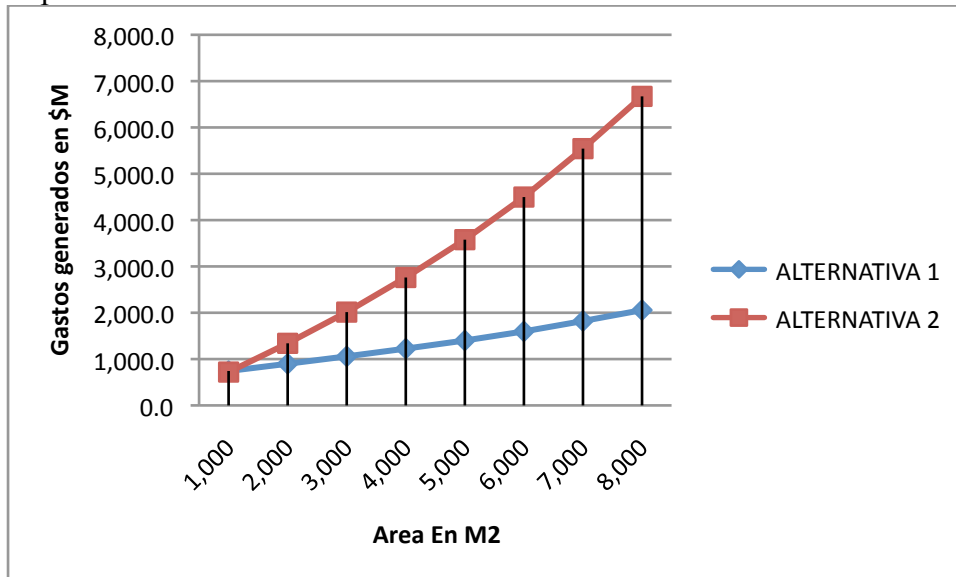
<b>TIEMPOS ESTIMADOS JARDIN BOTANICO</b>					
	<b>Tiempo on</b>	<b>Tiempo off</b>	<b>Duracion</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Duracion estimada</b>
Zona 1	0	17	17	4	13
Zona 2	17	38	21	6	15
Zona 3	38	53	15	2	13
Zona 4	53	62	9	-1	10
Zona 5	62	80	18	8	10
Zona 6	80	83	3	-7	10
Zona 7	83	103	20	12	8
		<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>24</b>	<b>79</b>
				<b>% Error</b>	<b>30,4</b>

Tabla 15. Demanda de agua para el periodo inicial.

<b>GASTOS DE LA ALTERNATIVA 2</b>		<b>2009</b>
<b>AGUA</b>		
Área a Regar	M2	1.000
Área regada por cada aspersor	M2	80
Aspersores instalados	Unidad	12,5
Demanda de cada Aspersores	Gpm	3,5
Demanda de Agua	Gpm	43,75
Capacidad Da Agua en la finca	Gpm	20
Zonas instaladas	Unidad	2,1875
Tiempo de operación por zona	Minutos	9
% Error del operario	%	0,3
Tiempo Utilizado	M	11,7
Demanda total de Agua	Gpm	43,75
Periodo de lluvias	%	0,15
Consumo	Gpm	921
Costo unitario de Agua	\$/GPM	110
<b>Total Agua</b>	<b>\$ M</b>	<b>101,4</b>



Figura 8. Comportamiento de los gastos generados de la alternativa 1 Vs alternativa 2 con respecto a las áreas.



Nota: consumo proyectado de Pesos

En este gráfico podemos dar cuenta que a partir de áreas de 1.000 M2 se generan más gastos que en la alternativa 2.

## 7.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo es de vital importancia para cualquier alternativa que factiblemente sea conveniente para la finca, debido a que tiene como fin evitar hacer un mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas.

Los proveedores de los equipos proponen básicamente programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas.

Tabla 14. Ventajas de un buen Mantenimiento

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se verifica el buen funcionamiento del programador.</li> <li>• Se obtiene buenas lecturas de los sensores de humedad.</li> <li>• Se reducen margen de error.</li> </ul>
----------	--

- Mantenimiento para los equipos automatizados

Los valores suministrados corresponden a los mantenimientos que se hacen anualmente para cada sistema. Estos datos se tendrán en cuenta para la evaluación financiera

Tabla 16. Costos de mantenimiento para la alternativa 1.

<b>MANTENIMIENTO</b>		<b>2009</b>
Mantenimiento del sistema	<b>M\$</b>	600,0
<b>Costo Total</b>	<b>M\$</b>	<b>600,0</b>
<b>REPARACIONES</b>		
<b>Según fabricantes</b>		
Cambio de empaques		45,0
Cambio de filamento del sensor de humedad		20,0
<b>Total reparaciones</b>	<b>M\$</b>	<b>65</b>

En la tabla 16 se estiman los gastos de mantenimiento para la alternativa 2

Tabla 17. Costos de Mantenimiento y la mano de obra que el sistema requiere para la alt 2.

<b>MANTENIMIENTO</b>		<b>2009</b>
Mantenimiento del sistema	<b>M\$</b>	150,0
<b>Costo Total</b>	<b>M\$</b>	<b>150,0</b>
<b>REPARACIONES</b>		
Según fabricantes		
Cambio de Válvulas		65,0
<b>Total reparaciones</b>	<b>M\$</b>	<b>65,0</b>
<b>Mano de obra</b>		
Costo Operario Por Hora	\$/hora	\$ 3.413
Tiempo demandado por el total de zonas	Hora	\$ 0,3
Costo Anual Tiempo Demandado	\$/Ano	403
<b>Total Mano de Obra</b>	<b>M\$</b>	<b>403</b>

- Disponibilidad de equipos en el mercado

Existen proveedores que pueden suministrar las cantidades y repuestos necesarios para tener algún soporte.

IRRIGACIONES LTDA. Cr 23 # 164-6 Colombia - Distrito Capital, Bogotá

BOMBAS Y RIEGOS LTDA. Av. 3 # 8N-24 Of 313n Colombia - Valle del Cauca

## 8. ESTUDIO FINANCIERO

Para las dos alternativas a analizar es fundamental mirar el estudio financiero desde el punto de vista del cliente que desea instalar el sistema.

Las alternativas a analizar son:

- Alternativa 1: Para un el sistema de riego ya establecido se realiza un montaje de control.
- Alternativa 2: Para el sistema de riego actual pero con una operación manual, requiere de mano de obra. (ACTUAL).

### 8.1 SUPUESTOS DEL ESTUDIO FINANCIEROZ

- La demanda es proyectada cada 1000 m<sup>2</sup> para poder estimar dónde es viable un proyecto automatizado
- Este estudio esta enfocado para un cliente final.
- Incremento del precio de la energía: IPC+2%.
- Inversiones: se proyectan con el IPC.
- Incremento del costo de la mano de obra de mantenimiento: IPC.
- Depreciación: método de línea recta.
- Vida útil de los activos: 8 años (12,5% anual) Tasa anual =  $10\% \times 1.25 = 12.5\%$ .
- Horizonte de Evaluación: se estiman 10 años de vida útil de los equipos de acuerdo con información de los proveedores.
- Demanda de Gpm.
- Tasa de cambio: 2400\$/US\$.

- Las alternativas son mutuamente excluyentes (La mejor alternativa analizada elimina al resto de las alternativas).
- El costo de capital 13,3 % ya que se tomo de la empresa Interverde que es la que quiere vender los sistemas a los clientes.

#### 8.1.1 Evaluación Financiera.

Métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos- Financieros es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones por parte de los administradores financieros ya que un análisis que se anticipe al futuro puede evitar posibles desviaciones y problemas en el largo plazo. Las técnicas de evaluación económicas son herramientas de uso general. Lo mismo puede aplicarse a inversiones industriales, inversiones en informática, etc.

El valor presente neto y la tasa interna de rendimiento se mencionan juntos porque en realidad tienen cierta semejanza los método, sólo que sus resultados se expresan de manera distinta. Recuérdese que la tasa interna de rendimiento es el interés que hace el valor presente igual a cero, lo cual confirma la idea anterior (@MONOGRAFIA, 2007).

#### 8.1.2 Método del Valor Presente Neto (VPN)

El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a pesos de hoy y así puede verse, fácilmente, si

los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia en la mayoría de los casos. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente. La condición indispensable para comparar alternativas es que siempre se tome en la comparación igual número de años, pero si el tiempo de cada uno es diferente, se debe tomar como base el mínimo común múltiplo de los años de cada alternativa.

En la aceptación o rechazo de un proyecto depende directamente de la tasa de interés que se utilice. Por lo general el VPN disminuye a medida que aumenta la tasa de interés.

En consecuencia para el mismo proyecto puede presentarse que a una cierta tasa de interés, el VPN puede variar significativamente, hasta el punto de llegar a rechazarlo o aceptarlo según sea el caso.

Si el  $VPN > 0$  entonces el proyecto rinde a una tasa mayor que la exigida por los socios como costo mínimo de capital y por ende el proyecto puede ser viable.

Al evaluar proyectos con la metodología del VPN se recomienda que se calcule con una tasa de interés superior a la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO), con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, tales como liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstas (@MONOGRAFÍAS, 2007).

- Se utilizará el VPN como el indicador financiero para comparar las alternativas. Para el cálculo del VPN se calcula el flujo de caja neto proyectado de cada alternativa.

- Con este fin se calculan los costos brutos proyectados de cada una de las alternativas presentadas a continuación.

Tabla 18. Costo anual para alternativa 1.

GASTOS DE LA ALTERNATIVA 1		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>AGUA</b>									
Area a Regar	M2	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
Area regada por cada aspersor	M2	80	80	80	80	80	80	80	80
Aspersores instalados	Unidad	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100
Demanda de cada Aspersores	Gpm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Demanda de Agua	Gpm	43,75	87,5	131,25	175	218,75	262,5	306,25	350
Capacidad Da Agua en la finca	Gpm	20	20	20	20	20	20	20	20
zonas instaladas	Unidad	2,1875	4,375	6,5625	8,75	10,9375	13,125	15,3125	17,5
Tiempo de operacion por zona	Minutos	9	9	9	9	9	9	9	9
% Error del operario	%	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo Utilizado	M	9	9	9	9	9	9	9	9
Demanda total de Agua	Gpm	43,75	87,5	131,25	175	218,75	262,5	306,25	350
Periodo de lluvias	%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Consumo	Gpm	709	1418	2126	2835	3544	4253	4961	5670
Costo unitario de Agua	\$/GPM	110	120	130	138	146	155	165	176
<b>Total Agua</b>	<b>\$ M</b>	<b>78,0</b>	<b>170,7</b>	<b>275,5</b>	<b>391,3</b>	<b>517,7</b>	<b>659,7</b>	<b>821,1</b>	<b>995,6</b>

Tabla 19. Costo anual para alternativa 2.

<b>GASTOS DE LA ALTERNATIVA 2</b>		<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>AGUA</b>									
Area a Regar	M2	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
Area regada por cada aspersor	M2	80	80	80	80	80	80	80	80
Aspersores instalados	Unidad	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100
Demanda de cada Aspersores	Gpm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Demanda de Agua	Gpm	43,75	87,5	131,25	175	218,75	262,5	306,25	350
Capacidad Da Agua en la finca	Gpm	20	20	20	20	20	20	20	20
zonas instaladas	Unidad	2,1875	4,375	6,5625	8,75	10,9375	13,125	15,3125	17,5
Tiempo de operacion por zona	Minutos	9	9	9	9	9	9	9	9
% Error del operario	%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Tiempo Utilizado	M	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Demanda total de Agua	Gpm	43,75	87,5	131,25	175	218,75	262,5	306,25	350
Periodo de lluvias	%	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Consumo	Gpm	921	1843	2764	3686	4607	5528	6450	7371
Costo unitario de Agua	\$/GPM	110	120	130	138	146	155	165	176
<b>Total Agua</b>	<b>\$ M</b>	<b>101,4</b>	<b>221,9</b>	<b>358,1</b>	<b>508,7</b>	<b>673,0</b>	<b>857,6</b>	<b>1.067,4</b>	<b>1.294,3</b>



Tabla 20. Inversiones Proyectadas para alternativa 1., Inversiones Proyectadas hasta Agotar Demanda.

INVERSIONES		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Requerimientos proyectados cada Año	Gpm	44	88	131	175	219	263	306	350
Capacidad instalada Proyectada	Gpm	20	20	20	20	20	20	20	20
Cantidad de Válvulas a demandar	Unidad	2	2	2	2	2	2	2	2
Costo unitario de cada válvula	\$	350	383	405	423	439	458	479	499
Costo unitario proyectado equipo de Alt1	\$/Gpm	2210	0	0	0	0	0	0	1
Inversión proyectada		2976	838	885	925	961	1001	1048	1091
<b>Total</b>	<b>M\$</b>	<b>2976</b>	<b>838</b>	<b>885</b>	<b>925</b>	<b>961</b>	<b>1001</b>	<b>1048</b>	<b>1091</b>
<b>Total Costos anuales</b>	<b>M\$</b>	743	899	1059	1226	1401	1598	1822	2057
<b>Total Inversiones</b>	<b>M\$</b>	<b>2976</b>	<b>838</b>	<b>885</b>	<b>925</b>	<b>961</b>	<b>1001</b>	<b>1048</b>	<b>1091</b>

Tabla 21. Inversiones Proyectadas para alternativa 2, Inversiones Proyectadas hasta Agotar Demanda.

INVERSIONES		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Requerimientos proyectados cada Año	Gpm	44	88	131	175	219	263	306	350
Capacidad instalada Proyectada	Gpm	20	20	20	20	20	20	20	20
Cantidad de Válvulas a demandar	Unidad	2	2	2	2	2	2	2	2
Costo unitario de cada válvula	\$	60	66	71	75	80	85	90	96
Costo unitario proyectado equipo de Alt1	\$/Gpm	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inversión proyectada		191	144	155	165	174	185	197	210
<b>Total</b>	<b>M\$</b>	<b>191</b>	<b>144</b>	<b>155</b>	<b>165</b>	<b>174</b>	<b>185</b>	<b>197</b>	<b>210</b>
<b>Total Costos anuales</b>	<b>M\$</b>	720	1340	2014	2761	3577	4497	5543	6671
<b>Total Inversiones</b>	<b>M\$</b>	<b>191</b>	<b>144</b>	<b>155</b>	<b>165</b>	<b>174</b>	<b>185</b>	<b>197</b>	<b>210</b>

## 8.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO FINANCIERO

Tabla 22. Flujo de Caja para sistema de riego automatizado alternativa 1.

<b>SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO ALTERNATIVA 1</b>								
<b>Período&gt;&gt;&gt;</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>ESTADO DE RESULTADOS M\$</b>								
Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de Fabricación Variables	(743)	(899)	(1.059)	(1.226)	(1.401)	(1.598)	(1.822)	(2.057)
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>(743)</b>	<b>(899)</b>	<b>(1.059)</b>	<b>(1.226)</b>	<b>(1.401)</b>	<b>(1.598)</b>	<b>(1.822)</b>	<b>(2.057)</b>
Gastos de Operación Variables	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Margen de Contribución</b>	<b>(743)</b>	<b>(899)</b>	<b>(1.059)</b>	<b>(1.226)</b>	<b>(1.401)</b>	<b>(1.598)</b>	<b>(1.822)</b>	<b>(2.057)</b>
Depreciación	(298)	(381)	(470)	(562)	(658)	(759)	(863)	(972)
<b>Utilidad Operacional</b>	<b>(1.041)</b>	<b>(1.280)</b>	<b>(1.529)</b>	<b>(1.788)</b>	<b>(2.059)</b>	<b>(2.356)</b>	<b>(2.685)</b>	<b>(3.030)</b>
Impuesto	107	132	157	184	212	243	277	312
<b>Utilidad Neta</b>	<b>(933)</b>	<b>(1.148)</b>	<b>(1.371)</b>	<b>(1.604)</b>	<b>(1.847)</b>	<b>(2.113)</b>	<b>(2.408)</b>	<b>(2.717)</b>
<b>EBITDA</b>	<b>(743)</b>	<b>(899)</b>	<b>(1.059)</b>	<b>(1.226)</b>	<b>(1.401)</b>	<b>(1.598)</b>	<b>(1.822)</b>	<b>(2.057)</b>
<b>FLUJO DE CAJA M\$</b>								
<b>Utilidad Neta</b>	<b>(933)</b>	<b>(1.148)</b>	<b>(1.371)</b>	<b>(1.604)</b>	<b>(1.847)</b>	<b>(2.113)</b>	<b>(2.408)</b>	<b>(2.717)</b>
Depreciación	298	381	470	562	658	759	863	972
Corrección Monetaria		0	0	0	0	0	0	0
Inversión Inicial	(2.976)	2.976	(885)	(925)	(961)	(1.001)	(1.048)	(1.091)
<b>Flujo de caja neto</b>	<b>(3.611)</b>	<b>2.209</b>	<b>(1.786)</b>	<b>(1.967)</b>	<b>(2.149)</b>	<b>(2.356)</b>	<b>(2.593)</b>	<b>(2.836)</b>
<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>								
Costo de Capital	13,3%							
VPN	-9.380,6							

Tabla 23. Flujo de Caja para sistema de riego automatizado alternativa 2.

<b>SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO ALTERNATIVA 2</b>								
<b>Período&gt;&gt;&gt;</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>ESTADO DE RESULTADOS M\$</b>								
Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos de Fabricación								
Variables	(720)	(1.340)	(2.014)	(2.761)	(3.577)	(4.497)	(5.543)	(6.671)
<b>Utilidad Bruta</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
Gastos de Operación								
Variables	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Margen de Contribución</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
<b>Utilidad Operacional</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
Impuesto	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Utilidad Neta</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
<b>EBITDA</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
<b>FLUJO DE CAJA M\$</b>								
<b>Utilidad Neta</b>	<b>(720)</b>	<b>(1.340)</b>	<b>(2.014)</b>	<b>(2.761)</b>	<b>(3.577)</b>	<b>(4.497)</b>	<b>(5.543)</b>	<b>(6.671)</b>
Inversión Inicial	(191)	(144)	(155)	(165)	(174)	(185)	(197)	(210)
<b>Flujo de caja neto</b>	<b>(911)</b>	<b>(1.484)</b>	<b>(2.168)</b>	<b>(2.926)</b>	<b>(3.752)</b>	<b>(4.683)</b>	<b>(5.740)</b>	<b>(6.880)</b>
<b>INDICADORES DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO</b>								
Costo de Capital								13,3%
VPN	M\$							-13.419,7

## 9. CONCLUSIONES

- La mejor alternativa desde el punto de vista financiero es el sistema de riego automatizado ya que el VPN es de M\$ -9.380 contra el de riego manual que consta de un VPN de M\$ -13.392,4.
- En la alternativa por operación manual se ve claramente que a medida que se incrementa el área a regar, el tiempo de mano de obra aumenta en la misma proporción, por lo tanto los gastos se incrementan.
- Podríamos determinar que el sistema de riego automatizado es viable a partir de áreas mayores a 1.000 M2, por lo que es lógico pensar que en fincas menores a 1000 M2 puede ser mejor tener un operario. Todo esto es basado sobre costo-beneficio. Desde el punto de vista de objetivos óptimos sería mejor tener un sistema de riego automatizado, ya que se obtendrían resultados en menores tiempos.
- El sistema automático puede servir para clientes que tengan fincas de recreo que requieren mucho cuidado en el jardín, teniendo presente que es mucho mejor para áreas mayores a 1000M2 ya que a áreas menores puede salir una inversión muy alta.

### Alternativa 1: Sistema de riego automatizado

- Este sistema tiene como ventajas principales la eficiencia y operabilidad ya que dependen del funcionamiento del control y la precipitación que se presente desde el punto de operacional.

- Aunque son sistemas muy eficientes, su adquisición puede ser un limitante ya que su costo es alto, pero este se recobraría debido a sus beneficios.
- Este sistema tiene un controlador el cual puede unificar todos los componentes del riego, para que de esta manera se pueda controlar la finca desde un sólo lugar, sin tener que desplazarse grandes distancias. Esto representa una gran comodidad para el dueño.
- Con el sistema de riego automatizado los gastos de mantenimiento se reducen en un 23.07% con respecto al sistema manual ya que hay ahorro en agua y mano de obra.
- El sistema de riego automatizado es muy versátil en su funcionamiento, debido a que se puede trabajar por medio de sensores de temperaturas y por sensores de lluvias.
- Al ser un sistema automatizado, este está ayudando a conservar los recursos hídricos por lo que trae beneficios para el medio ambiente y económicos.
- El sistema de riego automatizado tiene la facilidad de hacerle modificaciones fácilmente en la programación, esto con el fin de ser mas eficientes, ya que es importante poderlos modificar con las variaciones del clima y así poder tener los objetivos esperados.
- A pesar de ser la mejor alternativa tiene una desventaja que es si se llegara a presentar un corte de la energía, el sistema pasa a ser operado manualmente.

Alternativa 2: Sistemas de riego manual.

- Una desventaja que se genera al hacer el riego manualmente es que el operario es responsable de suministrar la humedad precisa a las plantas; por lo que puede generar fallas en la producción y esto representaría pérdidas en el cultivo debido a que las plantas no tendrían un desarrollo óptimo.
- El sistema de riego manual presenta una gran desventaja ya que si llega a faltar por cualquier motivo la persona encargada del riego esto va a repercutir en un ineficiente resultado, y por consiguiente se incurriría en un costo adicional para contratar a alguien en el cumplimiento de la función.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

### 10.1 BIBLIOGRAFÍA CLÁSICA

VÉLEZ, Luís Felipe. Guía para la Gestión de Proyectos Basada en el Proyecto “Mejoramiento Tecnológico Línea de Producción Wafer Tradicional” Medellín, 2007, 119 p. Trabajo de Grado (Ingeniería Mecánica). Universidad EAFIT. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Proyectos.

### 10.2 CIBERGRAFÍA

#### MONOGRAFÍAS @

MONOGRAFÍA, Evaluación Financiera. [Online]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/metodos-evaluacioneconomica/metodos-evaluacion-economica.shtml>

#### CORFINSURA@

Indicadores Macroeconómicos Proyectados [On line]. Grupo Bancolombia [Citado el 15 de Junio de 2008]. Disponible en Internet <[http://www.corfinsura.com.co/InvEconomicas/\(q1qverik111gul55bmf2iz45\)/Indicadores/MacroEconomicosProy.aspx?C=C](http://www.corfinsura.com.co/InvEconomicas/(q1qverik111gul55bmf2iz45)/Indicadores/MacroEconomicosProy.aspx?C=C)>

RODRIGO LÓPEZ@

Sistemas de Riego localiza. Segunda edición. Bogotá: Ed. Temis, 2000 ISBN: 84-7114-626-6.

INFOJARDIN@,2008.

Sistema de riego con programación. [En línea] Florida, USA. [Citado: Febrero de 2007]. Disponible en: <[www.articulos.infojardin.com/articulos/instalacion-riego-automatico.htm](http://www.articulos.infojardin.com/articulos/instalacion-riego-automatico.htm)>.

IRRIGATION @,2008.

Teoría de irrigation system. Departamento de agricultura. [En línea]. USA. [Citado: Febrero de 2007]. Disponible en: <<http://info.ag.uidaho.edu/resources/PDFs/CIS1055.pdf>>

NAAN@,2009.

Artículo sobre el sistema riego para cultivos. [En línea]. Ciudad de México. [Citado: Marzo de 2007]. Disponible en: <<http://www.naan.co.il/s/20/5>>. Ciudad de México

SISTEMA DE RIEGO@,2009.



Documento sobre Sistemas de riego. [En línea] Estado Unidos. [Citado: Marzo de 2009]. Disponible en: <<http://html.rincondelvago.com/biocombustibles.html>>

UPRM @,2007.

Sistemas de dripirrigation por goteo. [En línea] Estado Unidos, Michigan–Midland. [Citado: Febrero de 2009]. Disponible en: <[http://www.ece.uprm.edu/~m\\_goyal/dripirrigation.htm](http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/dripirrigation.htm)>

IDEAM @,2009

Pronóstico del tiempo para la región colombiana . [En línea] Colombia, Michigan–Midland. [Citado: Marzo de 2009]. Disponible en: *<http://www.ideam.gov.co:8080/sectores/agri/nacional.shtml>*

EPM@,2009

Empresas piblicas de medillin . [En línea] Colombia, Michigan–Midland. [Citado: Marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.eeppm.com/>

## 11. DATOS PERSONALES

### ESTUDIANTE

Nombre: Daniel Arcila Ochoa

Código: 200210028014

Teléfono: 311 77 10

Celular: 310 499 9467

E-mail: darcilao@gmail.com

### ASESOR

Nombre: SANTIAGO VILLEGAS

Teléfono: 3113245582

Empresa: *EDUARDOÑO*